

МЕХАНИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 623.12.011

Абачараев И.М., Абачараев М.М.

НАНЕСЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ СУДОВ

Abacharaev I.M., Abacharaev M.M.

APPLICATION OF PROTECTIVE COATINGS TO IMPROVE OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF THE VESSELS

В данной статье излагаются результаты аналитических и экспериментальных исследований авторов по решению проблем повышения сроков эксплуатации узлов судов (гребные винты) деталей их машин и механизмов (оси, пальцы, гидронасосы, втулки цилиндров дизелей), подверженных интенсивной кавитационной эрозии и износу.

Предложен новый параметр кавитационной стойкости, включающий в себя структурные, физико-механические, электрохимические показатели материалов и покрытий. Новизна критерия состоит в том, что при его использовании создается возможность априорного определения состава и строения кавитационностойкого материала, покрытия для конкретных узлов судов, деталей их машин и механизмов. Достоинство нового параметра кавитационной стойкости авторов еще и в том, что он позволяет рассчитать срок (ресурс) гарантийной эксплуатации детали в условиях воздействия кавитации. Такое предложение является пионерским в мировой практике.

На базе новых теоретических положений авторами разработаны составы диффузионных и плазменных кавитационностойких покрытий.

Ключевые слова: *узлы судов, эрозия, противообрастание, покрытия, плазменное, защита, гребные винты, корпуса судов, ресурс эксплуатации, исследования, лабораторные, натурные, модель, параметр.*

This article outlines the results of analytical and experimental research of authors under the decision of problems of increase of service life of components of ships (propellers) details of their machines and mechanisms (axis, fingers, hydraulic pumps, cylinder liners of diesel engines) subject to intensive cavitation erosion and wear.

A new option cavitation resistance, including structural, physical, mechanical, electrochemical properties of materials and coatings. The novelty criterion is that when using it creates the possibility of a priori determination of

the composition and structure kavitatsionnogo material coverage for specific components of ships, the details of their machines and mechanisms. The advantage of the new parameter cavitation resistance of the authors in the fact that it allows you to calculate the period (resource) warranty details in the conditions of influence of cavitation. This is a pioneer in the world practice.

On the basis of new theoretical positions of the authors developed compositions diffusion and plasma kavitatsionnogo coatings.

Key words: *components of ships, erosion, anti-fouling, coating, plasma, protection, propellers, ship hulls, resource exploitation, research, laboratory, field, model, option.*

Практика показывает, что выход из строя основных узлов судов и деталей машин и механизмов различного функционального назначения происходит из-за коррозии, кавитации, гидроабразивного износа.

При изучении процессов, вызывающих эти и другие виды разрушений втулок цилиндров дизелей, деталей гидронасосов, гребных винтов судов, узлов трения машин и механизмов, становится понятным, что сопротивление разрушению от этих явлений определяется в первую очередь соответствующим комплексом физико-механических, электрохимических свойств их поверхностных - рабочих зон.

На наш взгляд, для повышения ресурса их эксплуатации не следует тратиться на создание дорогой объемной композиции с требуемыми свойствами, а достаточно заложить их в ограниченном объеме рабочих - поверхностных зон. Это экономически и технологически целесообразный подход, дающий заметную экономию ввиду уменьшения вынужденного докового простоя судов, ремонта машин и механизмов по замене преждевременно изношенных позиций и сокращения парка запчастей.

Технологи и конструкторы широко используют различные приемы решения этих проблем, которые принимаются в основном без надежного теоретического обоснования.

Одной из сложнейших задач в судостроении является проблема повышения кавитационной стойкости гребных винтов судов и элементов их гидро- и энергосистем. По этой проблеме нет единого научно-обоснованного подхода ее реализации. Общие вопросы кавитации и кавитационной эрозии широко освещены в отечественных [1,3] и иностранных [4,6] научных источниках.

Борьбой с кавитационной эрозией первыми занялись судостроители, обнаружившие на сверхскоростных турболайнерах необычно сильное разрушение гребных винтов за короткий срок эксплуатации [7].

Исследователи кавитационной эрозии в течение длительного периода пытаются установить отдельные свойства или группы свойств материалов, объективно отражающих их склонность к сопротивлению кавитационной эрозии. Одну из первых попыток связать кавитационную стойкость

материалов с их твердостью предпринял Г. Шредер [8], который считал, что между этими параметрами существует обратно порциональная связь. Работами авторов [2,4] и других, эта гипотеза опровергается.

На базе обширных лабораторных и эксплуатационных исследований нами предложен совершенно новый параметр кавитационной стойкости, в модели которого впервые наиболее полно учтены структурные, физико-механические и электрохимические критерии качества материалов и покрытий [9].

Математическая модель этого параметра представлена как:

$$Q=1g(H_0x\Delta H^b) -\alpha V \quad (1)$$

b - табличная величина склонности металла к деформационному упрочнению (например, хрупкие, слабо деформационно-упрочняемые сплавы имеют $b=1,0...1,2$ у высоко деформационно-упрочняемых сталей (типа Гадфильда) $b=1,6...1,8$

H_0 , ΔH - исходная микротвердость и величина деформационного упрочнения $\Delta H = H_{max} - H_0$

H_{max} - микротвердость насыщения;

V - аргумент электрохимической активности среды и металла.

Преимущество этой модели перед известными в том, что она имеет широкий диапазон прогнозирования кавитационной стойкости материалов.

Нами были проведены обширные исследования по определению основных коэффициентов предложенной модели кавитационной стойкости, на базе которых установлено, что коэффициент «а» (в формуле 1) можно представить как

$$\alpha = q1g(H_0x\Delta H^b) \quad (2)$$

где $q = \frac{V_{кав}^{кор}}{V_{кав}^x}$; $V_{кав}^{кор}$ и $V_{кав}^x$ - объемные или массовые потери материалов от коррозии в кавитирующей среде и те же потери от кавитационной эрозии.

Для выявления количественного соотношения этих показателей нами выполнены исследования при раздельном кавитационном и коррозионном испытании материалов в кавитирующей среде [9]. Показано, что потери массы от коррозии в кавитирующей среде (воде) на 20...25% превышают потери в обычной среде. Это является убедительным подтверждением химической активации кавитирующей среды.

Экспериментальные данные свидетельствуют, что в качестве параметра коррозионной активности металла и среды может быть представлена величиной поляризационного сопротивления $\Delta\phi$.

Тогда параметр кавитационной стойкости Q имеет окончательный вид (для краткосрочных испытаний)

$$Q = (1-q) 1g(H_0 \times \Delta H^b) \frac{1}{\Delta \varphi} \quad (3)$$

Аналитические расчеты и статистическая обработка результатов исследований по установлению поправки к критерию, определяющей роль длительности испытаний, позволяют представить эту модель в виде Q_τ

$$Q_\tau = Q - 1g\tau \frac{1}{\Delta \varphi}, \quad (4)$$

где τ - время эксплуатации

Такая корректировка имеет существенное практическое значение и позволяет объяснить наблюдаемое несоответствие результатов лабораторных и натурных испытаний.

Например, при расчете по уравнению (3) величины Q сталей 30X10Г10 (деформационно-упрочняемая сталь) и 12X18Н10Т (нержавеющая сталь) их значения отличаются значительно (8,97 и 7,98 соответственно), что правильно отражает ситуацию краткосрочных лабораторных испытаний.

Расчеты для этих же материалов по уравнению (4) показывают, что после 10000 часов эксплуатации более кавитационностойкая по кратковременным испытаниям деформационно-упрочняемая сталь 30X10Г10 уступает (6,97) нержавеющей стали 12X18Н10Т (7,18). Подобные случаи часто наблюдались на практике, но аналитически нами объясняются впервые.

Приведенные модели параметра кавитационной стойкости требуют определенной корректировки для напыленных покрытий. Вводом соответствующих коэффициентов, отражающих влияние их пористости, толщины, адгезионной прочности, модель Q_η можно представить как:

$$Q_\eta = Q \cdot \eta \quad (5)$$

η - плотность покрытия.

Из анализа предложенной модели вытекает, что кавитационностойкими будут материалы и покрытия с высокой исходной микротвердостью, склонностью к деформационному упрочнению и положительным электрохимическим потенциалом. Экспериментальные исследования по определению кавитационной стойкости нитиноловых плазменных покрытий, отвечающих указанным требованиям, подтвердили состоятельность модели параметра Q_η .

Практическая ценность представленного параметра кавитационной стойкости подтверждена также натурными испытаниями деталей дизелей и узлов гидромашин, эксплуатируемых в условиях интенсивного кавитационного воздействия. Так, например, для защиты водоохлаждаемой поверхности втулок цилиндров быстроходных судовых дизелей Ч8,5/11 и Ч9,5/11, взамен дорогостоящего и экологически неблагоприятного гальванического хромирования, предложена технология плазменного напыления нитиноловых покрытий. Эти же покрытия нами были апробированы на закрылках экранопланов интенсивно изнашиваемых от гидроэрозии. Испытания показали, что закрылки с нитиноловыми покрытиями выдерживают 10 береговых посадок-выходов экранопланов против одного у штатных позиций.

Разработаны также технологии диффузионного хромирования и хромотитанирования для упрочнения пальцев карданного вала винтового насоса, повышения срока службы технологической оснастки и деталей изделий судового машиностроения [10].

Приведенные данные свидетельствуют о состоятельности исследований авторов и целесообразности интенсификации их промышленного использования.

Библиографический список:

1. Георгиевская Е.П. Кавитационная эрозия гребных винтов и методы борьбы с ней - Л: Судостроение, 1970.-120 с.
2. Перник А.Д. Проблемы кавитации. -Л: Судостроение, 1966.-439 с.
3. Воскресенский И.Н. Коррозия и эрозия гребных винтов. - Л: Судпромгиз, 1955.-240 с.
4. Кнепп Р., Дейли Дж., Хеммит Ф. Кавитация. - М: Мир, 1974.-687 с.
5. Ёст Т., Уэда К. Катодная защита гребных винтов из мартенсито-старяющих сталей. - Босекугдзюцу. 1973, т. 22, №6, с. 228-235.
6. Мидзутаний, Имгура И., Накидзама К. Поверхностные нарушения, обусловленные кавитационной эрозией в металлах.- НихонкиндзокуТакканси. 1971, 35, №4, с. 319-323.
7. Зиганченко П.П., Козоненко Б.П., Тарасов И.К. Суда на подводных крыльях.-Л: Судостроение, 1981.-310 с.
8. Богачев И.Н. Кавитационное разрушение и кавитационностойкие сплавы. М: Металлургия, 1972.-232 с.
9. Абачараев М.М. Кавитация и защита металлов от кавитационных разрушений. - Махачкала, 1992.-140с.
10. Ворошнин Л.Г., Абачараев М.М., Хусид Б.М. Кавитационностойкие покрытия на железоуглеродистых сплавах.- Минск: Наука и техника, 1986.- 218 с.